Best.-Nr.: 37129
Version 2.0,
Stand: August 2002

Multi-Funktions-Generator MFG 9001

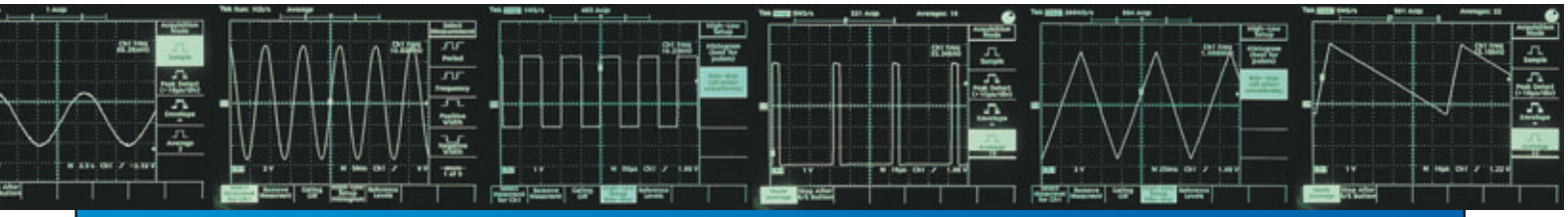
Technischer Kundendienst

Für Fragen und Auskünfte stehen Ihnen unsere qualifizierten technischen Mitarbeiter gerne zur Verfügung. Wir bitten Sie um Verständnis, dass wir technische Auskünfte nicht telefonisch, sondern schriftlich erteilen. Bitte richten Sie Ihr Schreiben an:
ELV Elektronik AG • Technischer Kundendienst • D - 26787 Leer

Reparaturservice

Für Geräte, die aus ELV-Bausätzen hergestellt wurden, bieten wir unseren Kunden einen Reparaturservice an. Selbstverständlich wird Ihr Gerät so kostengünstig wie möglich instandgesetzt. Im Sinne einer schnellen Abwicklung führen wir die Reparatur sofort durch, wenn die Reparaturkosten den halben Komplettbausatzpreis nicht überschreiten. Sollte der Defekt größer sein, erhalten Sie zunächst einen unverbindlichen Kostenvoranschlag. Bitte senden Sie Ihr Gerät an:
ELV • Reparaturservice • Postfach 1000 • D - 26787 Leer

ELV Elektronik AG • Postfach 1000 • D-26787 Leer
• Telefon 04 91/600 888 • Telefax 04 91/6008-244



Multi-Funktions-Generator MFG 9001

Allgemeines

Der neue MFG 9001 lässt kaum noch Wünsche offen, die man an einen hochwertigen Labor-Generator stellt. Nachfolgend die wesentlichen Funktionsmerkmale in Kurzform:

- Kurvenformen: Sinus, Rechteck, Dreieck
- Symmetrieeinsteller für Sägezahn und Impuls, 50-%-Taste für eine schnelle und einfache 50-%-Einstellung
- Ausgangsspannungen bis max. 10 V_{ss} bei einfacher Amplitudeneinstellung durch direkte Skalierung in V
- Hervorragende Amplitudenstablilität über den gesamten Frequenzbereich durch die hohe Bandbreite der Endstufe
- DC-Offset im Bereich von ± 5 V
- DC-On/Off-Taste, wodurch die langwierige Nullpunkteinstellung entfällt
- Integrierter, eingangssynchroner Frequenzzähler mit 4 Stellen und automatischer Bereichswahl sowohl für das Ausgangssignal als auch für externe Signale
- Frequenzzähler-Vorverstärker bis 100 MHz bei hervorragender Empfindlichkeit, mit AC- und DC-Kopplung sowie DC-Offseteinstellung
- Integrierte, prozessorgesteuerte Wobbelfunktion mit direkt einstellbarer Start-, Stop- und Wobbelfrequenz
- Digitale Einstellung der Ausgangsfrequenz über einen Inkrementalgeber und x10/:10-Tasten
- Regelung der Ausgangsfrequenz auf den

Technische Daten: MFG 9001

Ausgangs-Kenndaten
Frequenzbereich: ..... 0,1 Hz - 20 MHz, 5 Bereiche
Ausgangssignale: ..... Rechteck, Sinus, Dreieck, Impuls, Sägezahn, DC
Ausgangsspannung: ..... max. 10 V_{ss}
Amplitudenbereiche: ..... 0 - 5 V, 0 - 500 mV, 0 - 50 mV, 0 - 5 mV
DC-Offset: ..... ± 5 V
Ausgangswiderstand: ..... 50 Ω, 600 Ω
Klirrfaktor (Sinus): ..... typ. 0,75 %
Anstiegszeit (Rechteck): ..... < 12 ns
Amplitudenstabilität: ..... 4 % im gesamten Bereich
Tastverhältnis: ..... 15 % - 85 %
Sync.-Ausgang: ..... TTL-Pegel, 50 Ω
Anstiegszeit (sync.): ..... < 5 ns

Wobbel-Teil
Wobbel-Bereich: ..... 1:1 - 100:1
Wobbel-Frequenz: ..... 0,1 Hz - 20 Hz
interner Generator: ..... linear
Wobbel-Eingang: .... ± 1,25 V = 1:100
Eingangswiderstand: ..... 10 kΩ
Wobbel-Ausgang: ..... 2,5 V_{ss}
Ausgangswiderstand: ..... 1 kΩ

Frequenzzähler (int./ext.)
Anzeige: ..... 4stellig, LED
Bereich: ..... DC - 100 MHz
Torzeit: ..... 100 ms
Empfindlichkeit: ..... 25 mV_{eff}
Eingangswiderstand: ..... 1 MΩ
Eingangsspannung: max. 50 V, kurzzeitig 100 V

Allgemeine Daten
Spannungsversorgung: ..... 230 V
Leistungsaufnahme: ..... 13 VA
Abmessungen: .... 350 x 210 x 110 mm
Gewicht: ..... ca. 1,8 kg

Bild 1: Der MFG 9001 im Kunststoffgehäuse

eingestellten Wert, kein „Weglaufen" der Frequenz mehr

- 50-Ω-, 600-Ω-Signalausgang sowie Sync-Ausgang

Bedienung

Denkbar einfach ist die Bedienung des neuen MFG 9001, da die Bedienelemente übersichtlich nach Funktionsgruppen gegliedert auf der Frontplatte angeordnet sind. Mit insgesamt 4 Potentiometern, 9 Tipptasten, 21 LEDs und einer 4-stelligen LED-Anzeige lassen sich schnell und unkompliziert alle Signalparameter einstellen.

Signalform

Nach dem Einschalten mit dem Netzschalter „Power" befindet sich das Gerät in der Funktion „Sinus", was durch die unter „WAVEFORM" angeordnete LED signalisiert wird.

Eine Betätigung des daneben befindlichen Tasters wählt die Signalform „Rechteck", ein weiteres Drücken die Signalform „Dreieck" aus. Nochmaliges Betätigen führt wieder zur Kurvenform "Sinus".

Mit Hilfe des Potis „Symmetry" lässt sich das Tastverhältnis des Ausgangssignals im Bereich von 15 % bis 85 % variieren, z. B. für die Realisierung von Sägezahn- oder Impulssignalen. Zuvor ist die Taste „50 %" einmal zu betätigen.

Besonders komfortabel ist die Taste „50 %", mit der ohne langwierige Einstellarbeiten schnell ein Tastverhältnis von 50 % erreicht wird. Aktiviert man die Signalform „Sinus", stellt der MFG 9001 automatisch ein Tastverhältnis von 50 % ein (abschaltbar).

Frequenz

Der MFG 9001 verfügt über folgende Frequenzbereiche:

Bereich 1:	0,1 Hz bis 10 Hz
Bereich 2:	10 Hz bis 1 kHz
Bereich 3:	1 kHz bis 100 kHz
Bereich 4:	100 kHz bis 10 MHz
Bereich 5:	10 MHz bis 20 MHz

Für den Anwender ergibt sich aufgrund der Prozessorsteuerung ein großer Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 20 MHz.

Die jeweilige Ausgangsfrequenz wird auf dem 4-stelligen LED-Display des Frequenzzählers „Frequency Counter" mit zugehöriger Einheit angezeigt. Die Ausgangsfrequenz lässt sich mit dem Inkrementalgeber „Frequency" und den x10/:10-Tasten einstellen. Die Frequenzänderung erfolgt in Abhängigkeit von der Drehgeschwindigkeit des Inkrementalgebers. Langsames Drehen verändert die Frequenz des letzten Digits der Anzeige, schnelles Drehen ruft größere Veränderungen hervor.

Besonders komfortabel bei dieser digitalen Frequenzeinstellung ist, dass der Inkrementalgeber lediglich den Sollwert für die Frequenz vorgibt. Der Prozessor misst die Ausgangsfrequenz, vergleicht diese mit dem eingestellten Sollwert und gibt die entsprechende Steuerspannung für den Generatorteil aus. So kann das lästige „Weglaufen" der Frequenz, z. B. kurz nach dem Einschalten, vermieden werden.

Während der Einstellung des Sollwertes leuchtet der Dezimalpunkt der rechten 7-Segment-Anzeige auf. Stimmen Sollwert und Istwert überein, erlischt der Dezimalpunkt und die Anzeige schaltet auf den Istwert um.

Ausgangspegel

Die maximale Ausgangsspannung des MFG 9001 beträgt 10 V_{ss}, entsprechend einer Amplitude von 5 V. Mit dem Einsteller „Amplitude" ist ein Wert zwischen 0 und 5 einstellbar, dessen Multiplikator mit den 2 darüber befindlichen Tipptasten auswählbar ist. Soll beispielsweise eine Amplitude von 2 mV eingestellt werden, ist mit den Tipptasten der Multiplikator „x 1 mV" auszuwählen. Anschließend wird das Poti auf „2" gestellt.

Der MFG 9001 verfügt über insgesamt 3 Signalausgänge. Für den Einsatz in 50-Ω-Systemen ist der Ausgang „50 Ω" vorgesehen, an dem das Signal mit einem Innenwiderstand von 50 Ω zur Verfügung steht. Zu beachten ist, dass die Ausgangsspannung aufgrund des Innenwiderstandes von 50 Ω bei Abschluss mit 50 Ω exakt auf die Hälfte absinkt.

Häufig wird die Einspeisung in Audiosysteme verlangt, wofür der MFG 9001 zusätzlich mit einer Cinch-Buchse ausgestattet ist, an der das Signal mit einem Innenwiderstand von 600 Ω ansteht. Der Ausgang „Sync. 50 Ω" stellt für diverse Synchronisationszwecke ein Rechtecksignal mit einem Innenwiderstand von 50 Ω und TTL-Pegel zur Verfügung.

DC-Offset

Wird der Taster „DC On" betätigt, besteht die Möglichkeit, zum Ausgangssignal einen DC-Offset zu addieren, dessen Höhe mit dem Poti „DC-Offset" einstellbar ist. Eine weitere Betätigung des Tasters „DC On" schaltet den DC-Offset wieder ab. Die Möglichkeit der Abschaltung des DC-Pegels wurde vorgesehen, um auch hier eine langwierige Einstellung des Nullpunktes bei Nichtbenötigung zu vermeiden.

Wobbelfunktion

Besonders komfortabel ist die prozessorgesteuerte Wobbelfunktion des MFG 9001 ausgeführt, da sich alle Wobbelparameter unabhängig voneinander einstellen lassen. Im Normalfall, d. h. die Wobbelfunktion ist nicht aktiviert, sind alle LEDs des Feldes „SWEEP" erloschen.

Zur Aktivierung der Wobbelfunktion betätigt man den Taster im „SWEEP"-Feld, die LED $f_{Min.}$ leuchtet auf. Mit dem Inkrementalgeber „Frequency" stellt man die Startfrequenz, d. h. die minimale Frequenz des Wobbelbereichs, auf der Anzeige ein. Eine weitere Betätigung des Tasters schaltet auf $f_{Max.}$ um. Jetzt ist die Stopfrequenz (maximale Frequenz des Wobbelbereiches) einstellbar.

Nochmaliges Betätigen des Tasters aktiviert die LED $f_{Swp.}$, und die Wobbelfrequenz ist auf der Anzeige einstellbar. Nachdem jetzt alle Parameter der Wobbelfunktion eingestellt sind, führt eine weitere Betätigung des Tasters zum Aufleuchten der LED „Swp. Int.", wodurch der Wobbelvorgang gestartet wird.

Zum Abschalten der Wobbelfunktion betätigt man den Taster noch 2 mal, wodurch man sich wieder im Ausgangszustand befindet, alle LEDs sind erloschen. Bitte beachten Sie, dass sich die Start- und Stopfrequenz immer nur im aktiven Frequenzbereich einstellen lässt, siehe Tabelle im Unterpunkt „Frequenz". An der BNC-Buchse „Sweep Out" steht die intern generierte sägezahnförmige Abstimmspannung für Synchronisationszwecke zur Verfügung.

Die Wobbelung kann ebenfalls durch

eine extern angelegte Sägezahnspannung vorgenommen werden, indem diese über die BNC-Buchse „Swp./FM In" eingespeist wird. Beim Anlegen einer Signalspannung ist auf diese Weise ebenfalls eine externe Frequenzmodulation möglich. Beim Anlegen von Spannungen an diesen Eingang ist zu beachten, dass die vorher mit dem Inkrementalgeber eingestellte Signalfrequenz die Mittenfrequenz ist. Positive Spannungen am Eingang erhöhen die Ausgangsfrequenz, negative Spannung verringern die Ausgangsfrequenz.

Damit die angelegte Signalspannung durch die Frequenzregelung nicht ausgeregelt wird, ist der Taster im „Sweep"-Feld 5-mal zu betätigen, die LED „Swp. Ext." leuchtet. Eine weitere Betätigung schaltet wieder in den Normalmodus zurück, die LED ist erloschen.

Frequenzzähler

Der Frequenzzähler des MFG 9001 wurde als eingangssynchroner Zähler ausgeführt. Dies hat den Vorteil, dass die Frequenzen langsamer Signale relativ schnell mit hoher Auflösung messbar sind. Die Einstellung des Zählers erfolgt vollautomatisch. Weiterhin besteht die Möglichkeit, den MFG 9001 als vollwertigen Zähler auch für externe Signale zu nutzen.

Betätigt man die Taste „Counter" im Feld „FREQUENCY COUNTER", leuchtet die daneben angeordnete LED „Ext." auf. Jetzt ist der Zähler für die Zählung externer Signale bereit. Einfache Wechselspannungssignale speist man für die Zählung am Eingang „Ext. AC" ein, wobei die untere Grenzfrequenz zu beachten ist. Das Poti „DC-Offset" sollte so eingestellt werden, dass die LEDs „-" und „+" erloschen sind. Kompliziertere, mit einem DC-Offset überlagerte Signale, sollten am Eingang „Ext. DC" eingespeist werden. So lässt sich mit dem Poti „DC-Offset" eine exakte Anpassung an die Signalparameter vornehmen.

Wird das Signal gezählt, blinkt der Dezimalpunkt der rechten 7-Segment-Anzeige. Bei langsamen Signalen verlangsamt sich das Blinken entsprechend zur Torzeit.

Die Bereichswahl erfolgt automatisch, stets mit optimaler Auflösung.

Die maximale Zählfrequenz für externe Signale liegt bei 100 MHz, der Vorverstärker weist im gesamten Frequenzbereich eine Empfindlichkeit von 25mV$_{eff}$ auf.

Eine Betätigung der Taste „Counter" im Feld „FREQUENCY COUNTER" schaltet wieder auf die Zählung interner Signale um, was durch das Aufleuchten der LED „Int." signalisiert wird.

Funktion

Die preisgünstige Realisierung eines Funktionsgenerators mit den zuvor beschriebenen Leistungsmerkmalen ermöglichen u. a. das innovative Funktionsgenerator-IC MAX 038, eine kompakte Endstufe in Form eines schnellen Operationsverstärkers und die Prozessorsteuerung. Im Folgenden wird in Kurzform die Funktionsweise des MAX 038 vorgestellt, dessen Innenschaltung Abbildung 2 zeigt. Zentrales Element ist der Oszillator (1), der durch Laden und Entladen des externen Kondensators Cf mit konstanten Strömen eine Dreieckspannung generiert, von der die weiteren Kurvenformen abgeleitet werden. Die Frequenz des Oszillators wird durch den Kondensator Cf und den vom Stromgenerator (6) erzeugten Strom bestimmt.

Der Stromgenerator besitzt die Steuereingänge FADJ, DADJ und IIN. Liegt FADJ auf 0 V, lässt sich die Oszillatorfrequenz durch folgende Beziehung beschreiben:

$$f = \frac{IIN}{Cf}$$

Eine Spannung am Anschlusspin FADJ im Bereich von ± 2,3 V ruft eine Änderung der Oszillatorfrequenz im Bereich von ± 70 % hervor, was insbesondere bei einer Frequenzfeinabstimmung hilfreich ist.

Durch Beschalten des Eingangs DADJ mit einer Spannung im Bereich von ± 2,3 V kann das Tastverhältnis des Ausgangssignals im Bereich von 15 % bis 85 % variiert werden.

Für die Erzeugung der entsprechenden Steuerspannungen besitzt der MAX 038 eine interne Spannungsreferenz (7) und stellt an Pin 1 eine Referenzspannung von 2,5 V zur Verfügung. Aus dem Dreiecksignal des Oszillators formt der Funktionsblock (2) eine sinusförmige Spannung, der Komparator (3) erzeugt das Rechtecksignal. Der Multiplexer (4) wählt das den Adresseingängen A 0 und A 1 entsprechende Signal aus und führt es der Ausgangsstufe (5) zu. An Pin 19 steht das Ausgangssignal mit einer konstanten Amplitude von 1 V und einem Ausgangswiderstand von 0,1 Ω an.

Des Weiteren stellt der MAX 038 ein Synchronsignal an dem Ausgang „Sync." zur Verfügung, das mit Hilfe des Komparators (8) gewonnen wird. Die positive Flanke des Synchronsignals ist mit dem positiven Nulldurchgang des Sinus- oder Dreiecksignals synchron. Da der „Sync."-Ausgang eine schnell schaltende Ausgangsstufe besitzt, wird diese von einer getrennten Betriebsspannung DV+ versorgt.

Ein weiteres Feature des MAX 038 ist der integrierte Phasendetektor (9), der zur Synchronisation des Ausgangssignals mit einem externen Taktsignal eingesetzt werden kann. Dabei wird das externe Taktsignal dem Eingang PDI zugeführt. PDO ist der Ausgang des Phasendetektors, der mittels eines Schleifenfilters eine Regelspannung für eine PLL-Schaltung generieren kann.

Grundstruktur des MFG 9001

Abbildung 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau des Funktionsgenerators MFG 9001. Zentrales Bauelement ist das zuvor beschriebene Funktionsgenerator-IC MAX 038 (1), dessen Ausgangssignal mit einer Amplitude von 1 V zum Einsteller „Amplitude" (2) gelangt, mit dem sich an dieser Stelle eine Amplitude im Bereich von 0 bis 1 V einstellen lässt.

Von hier wird das Signal der Endstufe (3) zugeführt. Mit einer maximalen Verstärkung von 5 ergibt sich eine maximale Ausgangsspannung des MFG 9001 von 10 V$_{ss}$.

Mit dem Poti „DC-Offset" (4) lässt sich zum Ausgangssignal ein DC-Offset addieren, der, vom Prozessor (5) und den Bedienelementen (6) gesteuert, zu- und abschaltbar ist.

Die der Endstufe nachgeschalteten Dämpfungsglieder (7) werden vom Prozessor entsprechend des eingestellten Amplituden-

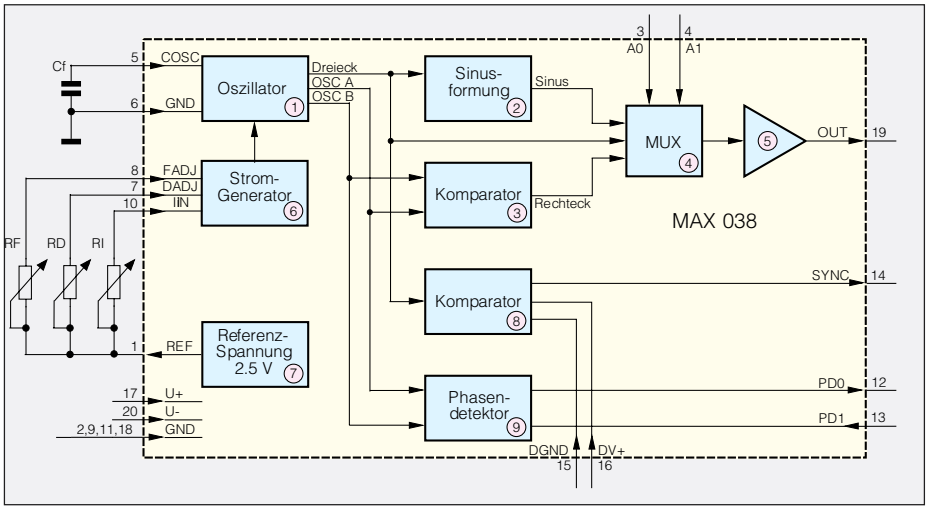


Bild 2: Innenschaltung des MAX 038

multiplikators gesteuert. Von dort aus gelangt das Signal auf die Ausgangsbuchsen „50 Ω" und „600 Ω".

Die Auswahl der Signalform erfolgt, wie bereits beschrieben, entsprechend den Einstellungen über die Adressleitungen A 0 und A 1 direkt vom Prozessor (5) aus. Über das Poti „Symmetry" (8) lässt sich das Tastverhältnis einstellen. Eine 50-%-Stellung ist über den Prozessor aktivierbar.

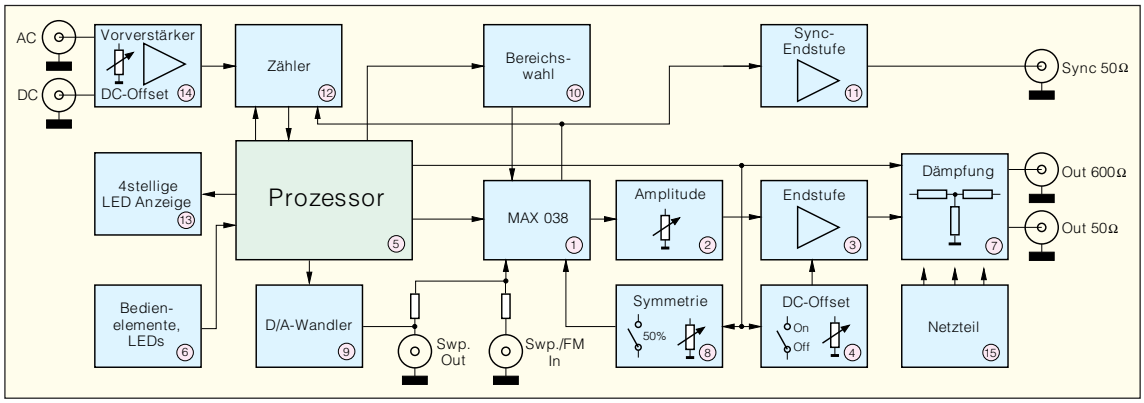


Bild 3: Prinzipeller Aufbau des Multi-Funktions-Generators MFG 9001

Für die Einstellung der Frequenz beschreibt der Prozessor (5) den D/A-Wandler (9) mit einem den Einstellungen entsprechenden Wert. Die analoge Steuerspannung des D/A-Wandlers wird dem MAX 038 über einen Widerstand zugeführt. In der Wobbelfunktion erfolgt das Beschreiben des D/A-Wandlers stetig, sodass am D/A-Wandlerausgang eine sägezahnförmige Steuerspannung ansteht.

Gleichzeitig steht diese Steuerspannung an der Buchse „Swp. Out." zur Verfügung. Für die externe Wobbelung oder Frequenzmodulation kann an die Buchse „Swp./FM In" ein externes Steuersignal angelegt werden.

Die Einheit „Bereichswahl" (10) besteht im Wesentlichen aus einer Bank von Kondensatoren, die vom Prozessor gesteuert je nach Bereich an den MAX 038 geschaltet werden. Das vom MAX 038 ausgegebene rechteckförmige Synchronsignal gelangt zum einen über den Verstärker (11) zum Sync-Ausgang und wird zum anderen auf den Zähler (12) gegeben. Das Zählergebnis wird vom Prozessor ermittelt und auf der 4-stelligen LED-Anzeige (13) angezeigt.

Für die Vorverstärkung externer Signale steht der 100-MHz-Vorverstärker (14) zur Verfügung, der das Signal ebenfalls dem Zähler zuführt. Die Auswahl intern/extern erfolgt vom Prozessor aus.

Schaltung

Wir beginnen mit der Signalerzeugung, die in Abbildung 4 dargestellt ist und folgende Funktionsgruppen aus Abbildung 3 umfasst: MAX 038 (1), Amplitude (2), Endstufe (3), Dämpfung (7), Symmetrie (8), DC-Offset (4), Bereichswahl (10) und Sync.-Endstufe (11).

Zentrales Element ist das Funktionsgenerator-IC MAX 038. An den Anschluss „COSC", Pin 5, wird im neuen MFG 9001 nicht, wie sonst üblich über einen Drehschalter, sondern über Transistoren bzw. ein Relais die für den jeweiligen Frequenzbereich erforderliche Kapazität geschaltet. Die Steuerung der Schalter erfolgt vom Prozessorteil aus über die Steuerleitungen „10 Hz", „1 kHz", „100 kHz" und „20 MHz". Für die unteren Frequenzbereiche bis 10 MHz befindet sich das Relais RE 1 in der eingezeichneten Stellung. Je nach Bereich schalten die Transistoren T 2, T 3 und T 4 die Kondensatoren C 5, C 6 und C 8 parallel zu C 9. Im Frequenzbereich von 100 kHz bis 10 MHz ist kein Kondensator zugeschaltet. In diesem Fall bildet C 9 mit der verbleibenden Restkapazität der Transistoren T 2 bis T 4 die wirksame Kapazität. Für den oberen Frequenzbereich oberhalb von 10 MHz schaltet der Transistor T 1, ebenfalls vom Prozessorteil gesteuert, RE 1 um, wodurch C 7 am Eingang „COSC" liegt.

Wie bereits erläutert, ist im jeweiligen Bereich der Steuerstrom, der in Pin 10 hineinfließt, frequenzbestimmend. Pin 10 liegt aufgrund der Innenschaltung des MAX 038 auf so genannter „virtueller Masse", sodass der Steuerstrom „IIN" durch die über R 20 anliegende Spannung bestimmt wird. Diese Spannung wird im Prozessorteil über einen D/A-Wandler generiert.

Die Auswahl der Signalform erfolgt direkt vom Prozessor über die Steuersignale „A 0" und „A 1", Pin 3 und Pin 4 des MAX 038.

An „REF" (Pin 1) stellt das IC eine Referenzspannung von 2,5 V zur Verfügung, woraus die zur Einstellung von Tastverhältnis und Klirrfaktor erforderlichen Steuerspannungen gewonnen werden.

Der Operationsverstärker IC 1 A ist als invertierender Verstärker mit der Verstärkung V = -1 beschaltet und generiert aus der positiven Referenzspannung +2,5 V eine negative Referenzspannung von -2,5 V.

Die beiden Spannungsteiler R 2, R 3, R 4 und R 6, R 7, R 8 sind zwischen die Referenzspannungen +2,5 V und -2,5 V geschaltet.

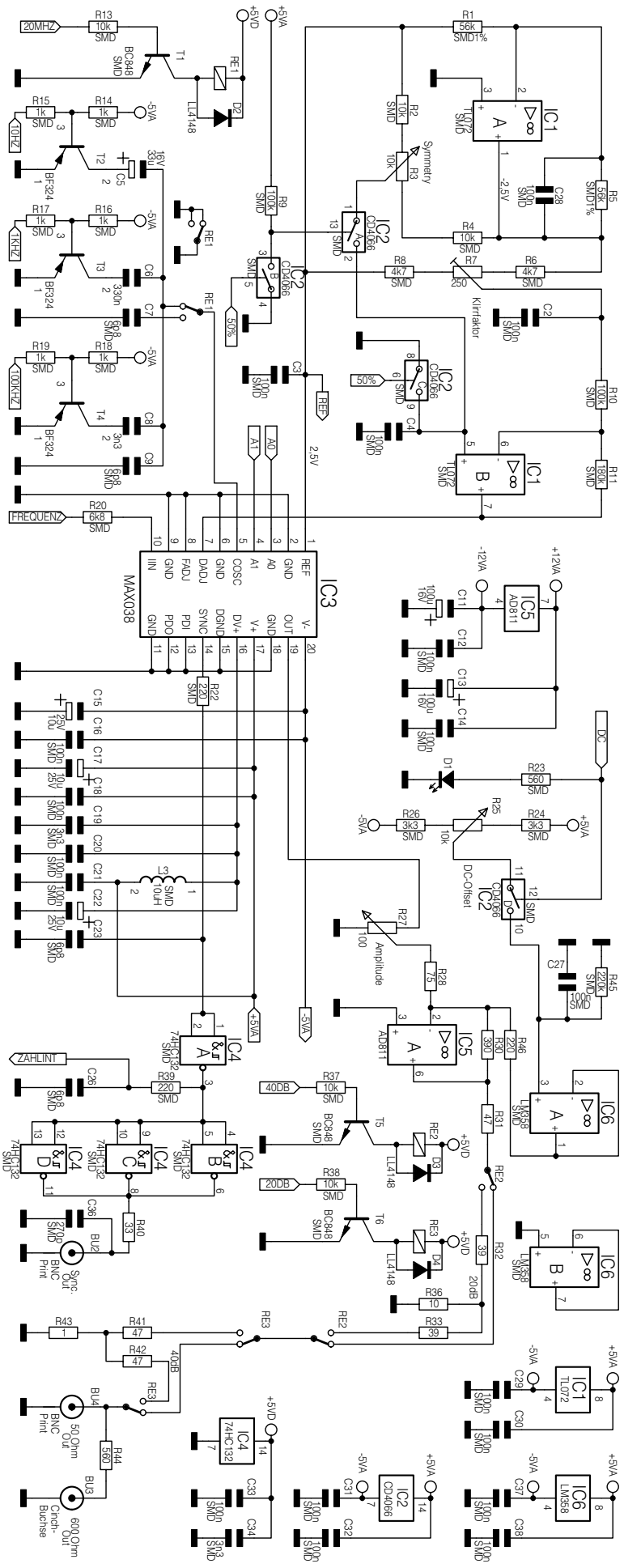
Mit dem Poti R 3 „Symmetry" lässt sich eine Spannung im Bereich von -0,83 V bis +0,83 V abgreifen, die mit dem Trimmer R 7 „Klirrfaktor" einstellbare Spannung liegt im Bereich von -65 mV bis +65 mV.

Der Operationsverstärker IC 1 B erfüllt zwei Aufgaben, die nachstehend detailliert beleuchtet werden.

1. Einstellung des Tastverhältnisses: Die mit dem Trimmer R 7 einstellbare Spannung liegt im Bereich von -65 mV bis +65 mV, also ungefähr auf Massepotential.
   Aufgrund dessen arbeitet IC 1 B für die mit dem Symmetrie-Einsteller R 3 abgegriffene und über den CMOS-Schalter IC 2 A zugeführte Spannung als nicht invertierender Verstärker. Der CMOS-Schalter IC 2 C ist geöffnet. Die Verstärkung beträgt V=1+R 10/R 11=2,8. Am Ausgang von IC 1 B, Pin 7, steht eine Spannung an, die mit R 3 im Bereich von -2,3 V bis +2,3 V einstellbar ist und dem MAX 038 an Pin 7 („DADJ") zugeführt wird. Das Tastverhältnis lässt sich somit im Bereich von 15 % bis 85 % einstellen.
2. Feineinstellung des Tastverhältnisses für den Klirrfaktorabgleich bei sinusförmigen Ausgangssignalen: Bei sinusförmigem Ausgangssignal sollte das Tastverhältnis möglichst genau 50 % betragen, da ansonsten der Klirrfaktor des Sinussignals ansteigt. Laut Herstellerangabe liegt der Klirrfaktor bei einer Spannung von 0 V am Eingang „DADJ" bei max. 1,5 %. Durch Anlegen einer Spannung an „DADJ" im Bereich von ±100 mV kann ein Feinabgleich erfolgen, wodurch sich der Klirrfaktor auf 0,75 % verringert.

In der Stellung „Sinus" wird vom Prozessor automatisch die 50-%-Stellung des Tastverhältnisses aktiviert, d. h. IC 2 A öffnet und IC 2 C legt Pin 5 von IC 1 B auf Massepotential. Somit arbeitet IC 1 B für die mit R 7 abgegriffene Spannung als invertierender Verstärker mit der Verstärkung V=-R 10/R 11=-1,8. Am Ausgang von IC 1 B, Pin 7, liegt in diesem Fall eine Spannung, die mit R 7 im Bereich von -117 mV bis +117 mV einstellbar ist und eine Feineinstellung des Klirrfaktors ermöglicht.

Bild 4: Signalerzeugung des MFG 9001



Das Ausgangssignal des MAX 038 steht mit konstanter Amplitude von 1 V an Pin 19 („OUT") zur Verfügung und wird auf den Amplitudeneinsteller R 27 geführt.

Die Endstufe des MFG 9001 ist völlig neu konzipiert und besteht im Wesentlichen aus dem Hochgeschwindigkeits-Video-Operationsverstärker AD 811, der sich insbesondere durch folgende Vorteile auszeichnet:

- 140-MHz-Verstärkungs-Bandbreite
- 2500-V/µs-Anstiegsgeschwindigkeit (Slew Rate)
- geringe Verzerrungen
- exzellentes DC-Verhalten
- kompakte Bauform im 8-poligen DIP-Gehäuse

Durch Einsatz dieses Operationsverstärkers konnte der Gesamtaufwand für die Endstufe sehr gering gehalten werden und beschränkt sich auf die Bauteile IC 5, R 28 und R 30. IC 5 arbeitet für das am Amplitudeneinsteller R 27 abgegriffene Signal als invertierender Verstärker mit der Verstärkung V=-R 30/R 28 = - 5,2.

Über R 46 wird der DC-Offset addiert. Dieser wird mit dem Poti „DC-Offset" eingestellt, bei Bedarf über den CMOS-Schalter IC 2 D zugeschaltet und über IC 6 A gepuffert. Bei Nichtbenötigung ist IC 2 D geöffnet und der Eingang von IC 6 A liegt über R 45 auf Massepotential, sodass kein Offset addiert wird.

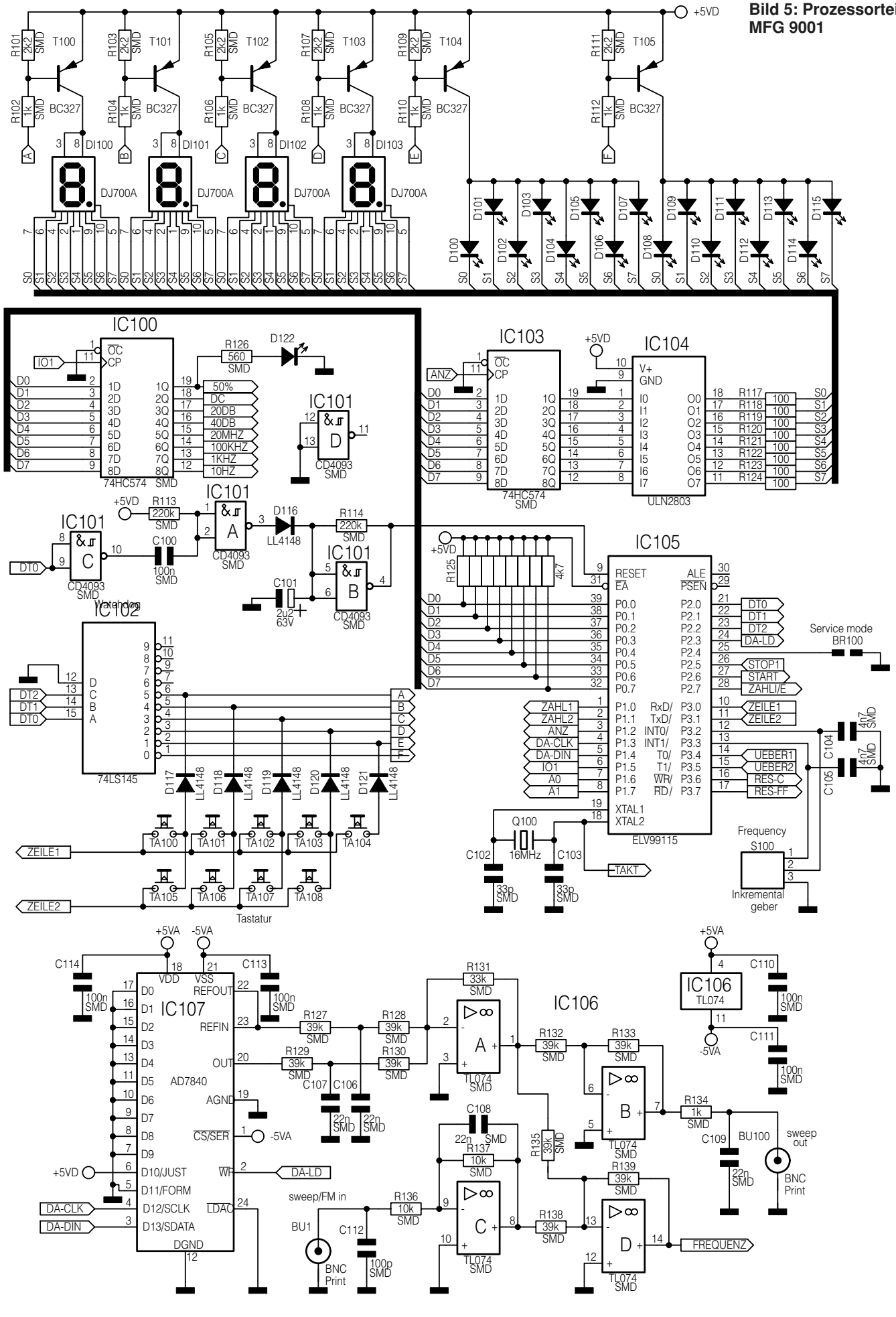
Um einen Innenwiderstand von 50 Ω zu erhalten, ist dem Ausgang Pin 6 von IC 5 der Widerstand R 31 nachgeschaltet. Von hieraus gelangt das Signal auf die beiden vom Prozessor gesteuerten Dämpfungsglieder, die Dämpfungen von 20 dB und 40 dB realisieren. Das Relais RE 2 schaltet das Signal bei Bedarf auf das 20-dB-Dämpfungsglied R 32, R 36 und R 33, RE 3 schaltet auf das 40-dB-Dämpfungsglied R 41 bis R 43. 20-dB-Dämpfung bedeutet eine Signalabschwächung um den Faktor 10, 40 dB um den Faktor 100. Sind beide Dämpfungsglieder eingeschaltet, erfolgt eine Dämpfung um den Faktor 1000, sodass auch Ausgangsamplituden im mV-Bereich problemlos einstellbar sind.

An BU 4 steht das Ausgangssignal mit einem Innenwiderstand von 50 Ω und an BU 3 mit 600 Ω zur Verfügung.

Das an Pin 14 des MAX 038 zur Verfügung stehende Sync.-Signal wird über R 22 auf das Gatter IC 4 A geführt, das eine Impulsformung vornimmt. An den Ausgängen der 3 parallel geschalteten Gatter IC 4 B bis D steht das Signal mit einem Innenwiderstand von ca. 17 Ω an, sodass sich in Verbindung mit R 40 an der Buchse BU 2 ein Innenwiderstand von 50 Ω ergibt. Über R 39 wird das Sync.-Signal dem internen Zähler zugeführt.

Der MAX 038 benötigt Betriebsspannungen von ±5 V (A) sowie + 5 V an

Bild 5: Prozessorteil des MFG 9001



„DV+" für den Digitalteil. Neben einer breitbandigen Blockung mit den Kondensatoren C 15 bis C 22 ist die Zuführung zu „DV+" zusätzlich über die Spule L 3 entkoppelt.

Damit ist die Beschreibung der Signalerzeugung abgeschlossen, und wir wenden uns dem Prozessorteil inkl. Frequenzzähler zu.

Prozessorteil

Der in Abbildung 5 dargestellte Prozessorteil beinhaltet folgende digitale Baugruppen des MFG 9001: Prozessor (5), Bedienelemente (6), D/A-Wandler (9), Anzeige (13).

Der Prozessor IC 105 des Typs ELV 99115 steuert und verwaltet alle wichtigen Funktionen des MFG 9001. Durch den integrierten Programmspeicher beschränkt sich die für die Funktion notwendige Außenbeschaltung lediglich auf den 16-MHz-Quarz Q 100 und die Bürdekapazitäten C 102 und C 103.

Die für die Steuerung der Gerätefunktionen notwendigen Steuersignale werden teilweise direkt vom Prozessor zur Verfügung gestellt, z. B. „A 0" und „A 1". Die restlichen Steuersignale werden über den zentralen Datenbus mit den Signalen „D 0" bis „D 7" (Port 0, Pin 32 bis Pin 39) in den Zwischenspeicher IC 100 geschrieben.

Für die Erzeugung der Steuerspannung „Frequenz" ist der D/A-Wandler IC 107 (AD 7840) verantwortlich, der vom Prozessor über die Steuerleitungen „DA-CLK", „DA-DIN" und „DA-LD" beschrieben wird. Bei dem AD 7840 handelt es sich um einen seriell beschreibbaren 14-Bit-Wandler mit integrierter Referenzspannungserzeugung an Pin 22 (3 V). Je nach vorgegebenem Digitalwert gibt der Wandler an Pin 20 eine Spannung im Bereich von -3 V bis +3 V aus. IC 106 A ist als Addierer mit dem Verstärkungsfaktor V= -0,42 beschaltet, sodass die vom D/A-Wandler ausgegebene Steuerspannung an Pin 1 im Bereich von 0 V bis 2,5 V erscheint.

Die an die Buchse BU 1 angelegte Modulationsspannung wird über IC 106 C invertiert.

Der Operationsverstärker IC 106 D ist als Addierer (invertiert die Signale nochmals) beschaltet und verknüpft die Steuerspannung und die Modulationsspannung. An Pin 14 von IC 106 D steht die Summenspannung zur Verfügung, die, wie bereits erläutert, dem Widerstand R 20 im Signalerzeugungsteil zugeführt wird.

Die Wobbelfunktion wird beim neuen MFG 9001 vom Prozessor realisiert, indem der D/A-Wandler sequentiell mit entsprechenden Werten beschrieben wird. Um die Steuerspannung, die sich dabei in Stufen ändert, zu glätten, ist der Kondensator C 107 vorgesehen, der in Verbindung mit R 129 eine Grenzfrequenz von ca. 185 Hz realisiert.

Die Ausgangsspannung von IC 106 A wird über den invertierenden Verstärker IC 106 B, R 132, R 133 invertiert und steht an BU 100 für Synchronisationszwecke zur Verfügung.

Die Ansteuerung der 7-Segment-Anzeigen DI 100 bis DI 103, die LEDs D 100 bis D 115 und die Abfrage der Tasten TA 100 bis TA 108 arbeiten im Multiplex-Betrieb. Über den Decoder IC 102 (74 LS 145) wird vom Prozessor über die Signale „A" bis „F" die Spalte, d. h. eine 7-Segment-Anzeige bzw. LED-Bank, ausgewählt. Gleichzeitig wird der Zwischenspeicher IC 103 über den Datenbus mit dem Wert der Anzeige beschrieben, der nachgeschaltete Treiberbaustein IC 104 des Typs ULN 2803 treibt die einzelnen Segmente bzw. LEDs. Nachdem alle Spalten durchlaufen wurden, beginnt ein neuer Durchgang. Parallel dazu wird die Tastatur abgefragt. Sobald eine Taste betätigt wird, werden die Signale „ZEILE 1" und „ZEILE 2" auf Low-Potential gezogen.

Der Inkrementalgeber S 100, über den man die Frequenz einstellt, wird über die Portpins „P 3.2" und „P 3.3", Pin 12 und Pin 13, abgefragt. Der Inkrementalgeber schaltet pro Schritt beide Anschlüsse einmal nach Masse durch. Abhängig von der Drehrichtung wird ein Kontakt früher geschaltet als der andere. Auf diese Weise erkennt der Prozessor die Drehrichtung.

Mit IC 101 und Peripherie ist ein sogenannter Watchdog realisiert, der den Prozessor überwacht. Sollte es zu einem „Absturz" kommen, wird das Signal „DT 0" nicht mehr im Rahmen des Anzeigen-Multiplex-Betriebs beschrieben. Daraufhin löst der Watchdog einen Reset aus. Mit der Brücke BR 1 lässt sich der MFG 9001 für Servicearbeiten so einstellen, dass die Frequenzregelung ausgeschaltet wird. Dadurch wird die Fehlersuche erheblich erleichtert.

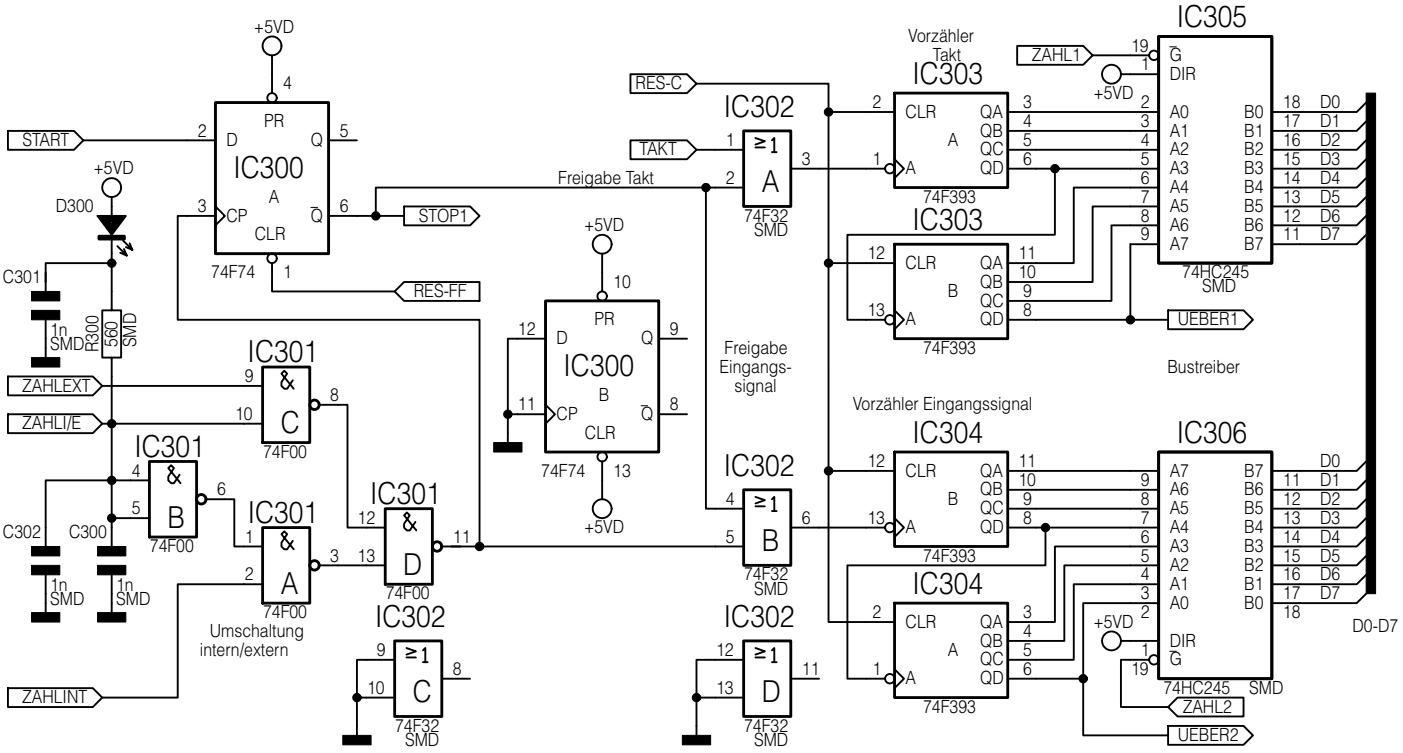
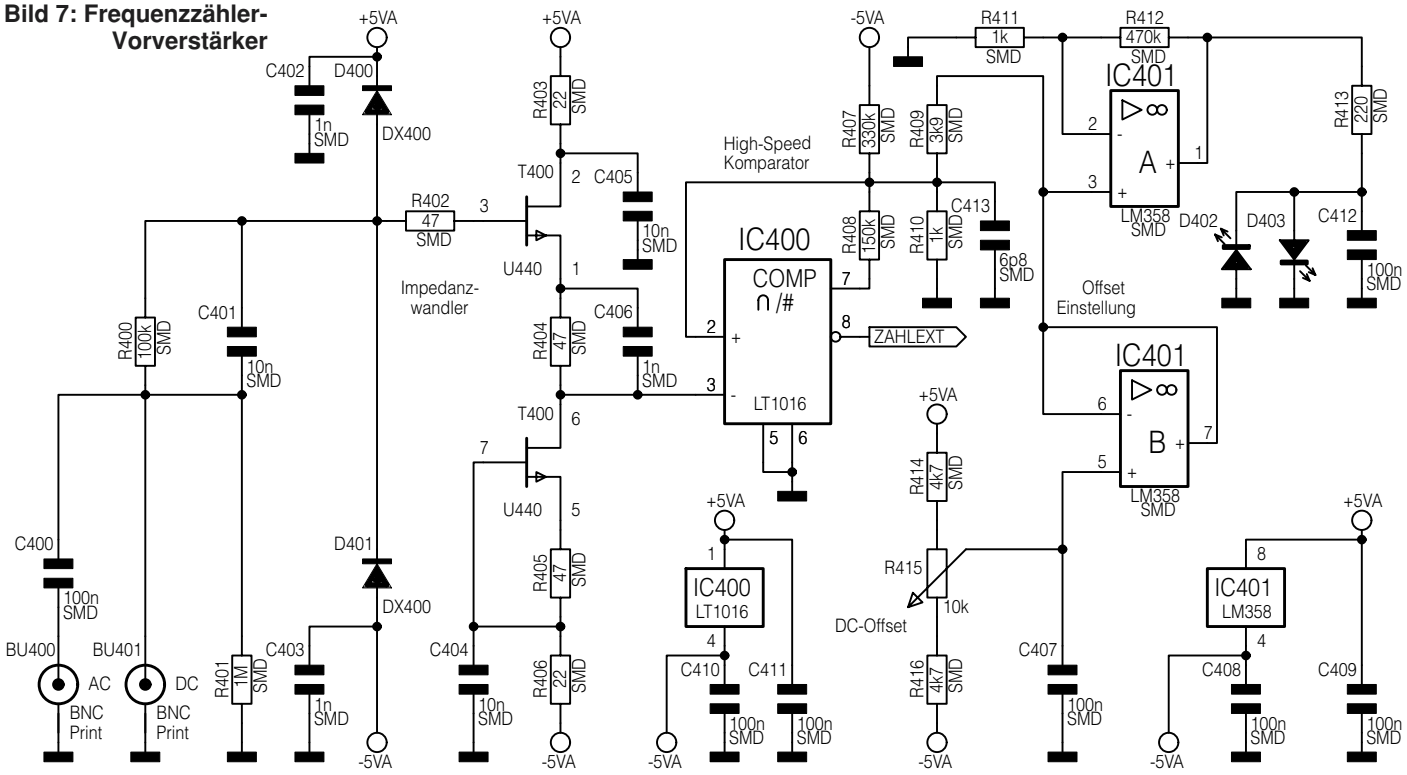


Bild 6: Frequenzzähler des MFG 9001

Bild 7: Frequenzzähler-Vorverstärker



Frequenzzähler

Nachdem die wesentlichen Steuerfunktionen beschrieben sind, beschäftigen wir uns jetzt mit dem eingangssynchronen Frequenzzähler (12) des MFG 9001. Abbildung 6 zeigt diesen Schaltungsteil. IC 301 wählt aus, welche Quelle für die Zählung herangezogen wird. Das Signal „ZAHLINT" stellt die Ausgangsfrequenz des internen Generators dar, während das Signal „ZAHLEXT" mit dem Ausgang des Frequenzzähler-Vorverstärkers für externe Signale verbunden ist. Die Auswahl des Eingangssignals erfolgt über „ZAHLI/E" und die Nand-Gatter von IC 301. Das ausgewählte Signal (Pin 11 von IC 301) wird sowohl dem D-Flip-Flop IC 300 (74 F 74) an Pin 3 als auch dem Oder-Gatter IC 302 B (74 F 32) zugeführt. Da der Zähler Signale bis 100 MHz verarbeiten muss, wurden schnelle F-Gatter eingesetzt. Weiterhin sind aufgrund der hohen Frequenzen Vorzähler erforderlich. IC 303 und IC 304 (74 F 393) dienen als Vorzähler, wobei IC 303 den Prozessortakt und IC 304 die Eingangsfrequenz zählt. Über die nachgeschalteten Bustreiber IC 305 und IC 306 ermittelt der Prozessor anschließend die Zählerstände und daraus die Eingangsfrequenz. Im Einzelnen ist die Funktionsweise wie folgt:

Vor dem Start eines Zählvorganges werden IC 300, IC 303 und IC 304 über die Signale „RES-FF" bzw. „RES-C" zurückgesetzt. Um einen Zählvorgang zu starten, setzt der Prozessor das Signal „START" an Pin 2 von IC 300 auf High-Pegel. Bei der nächsten positiven Flanke des an Pin 3 anliegenden Eingangssignals nimmt der Ausgang Q (Pin 6) Low-Pegel an. Pin 6 ist mit den beiden Gattern IC 302 A und IC 302 B verbunden. Aufgrund des Low-Pegels wird das Taktsignal auf den Zähleingang von IC 303 (Pin 1) und das Eingangssignal auf den Zähleingang von IC 304 (Pin 13) geführt. Nach Ablauf der vorgegebenen Torzeit von 100 ms setzt der Prozessor das Signal „START" wieder auf Low-Pegel. Bei der darauffolgenden positiven Flanke des Eingangssignals nimmt Pin 6 von IC 300 wieder High-Pegel an. Dadurch sperren die Gatter IC 302 A und IC 302 B die Weiterleitung der beiden Zählsignale und der Prozessor liest die Zählerstände aus.

Der Frequenzzähler-Vorverstärker (14) für externe Signale ist in Abbildung 7 dargestellt. Der Vorverstärker verfügt über einen DC-gekoppelten Eingang (BU 401) und einen AC-gekoppelten Eingang (BU 400). Der Widerstand R 401 bildet für beide Buchsen den Eingangswiderstand von 1 MΩ. Über die Parallelschaltung aus R 400 und C 401 gelangt das Eingangssignal auf die Impedanzwandlerstufe T 400 mit Peripherie, die kapazitätsarmen Dioden D 400 und D 401 schützen vor zu hohen Eingangsspannungen. Das zwischen Source (Pin 1) und R 404 anstehende niederohmige Signal gelangt auf die High-Speed-Komparatorstufe mit IC 400. Über R 409 wird ein mit R 415 im Bereich von ± 0,5 V einstellbarer DC-Offset addiert. Die LEDs D 402 und D 403 zeigen die Offset-Polarität an. Das an Pin 8 des Komparators anstehende Signal („ZAHLEXT") wird auf die bereits erläuterte Messsignalauswahlstufe des Frequenzzählers geführt.

Abschließend wollen wir noch das Netzteil des MFG 9001 betrachten, das Abbildung 8 zeigt. An Klemme KL 1 wird die Netzspannung zugeführt. Über den Netzschalter S 1 und die beiden Sicherungen SI 200 und SI 201 gelangt die Spannung auf die Transformatoren TR 200 und TR 201.

Die einzelnen Stufen des MFG 9001 verlangen insgesamt 5 Betriebsspannungen. Der Digitalteil wird mit der digitalen Versorgungsspannung „+5 VD" versorgt, die Endstufe verlangt die beiden 12-V-Versorgungsspannungen „+12 VA" und „-12 VA", und die restlichen Komponenten werden mit „+5 VA" und „-5 VA" versorgt. Der Trafo TR 200 dient zur Generierung der drei 5-V-Versorgungsspannungen. Die am Ausgang des Brückengleichrichters D 200 bis D 203 anstehenden Spannungen werden zunächst durch C 201 und C 202 geglättet, bevor die Festspannungsregler IC 200, IC 203 und IC 204 auf + 5V bzw. - 5 V stabilisieren.

Ausschließlich zur Versorgung der Endstufe dient der Trafo TR 201. Die über den Brückengleichrichter D 204 bis D207 gleichgerichtete und durch C 205 und C 206 gesiebte Trafospannung wird mit IC 201 und IC 202 auf ± 12V stabilisiert.

Nachbau

Die gesamte Schaltungstechnik des MFG 9001 ist auf zwei doppelseitigen Leiterplatten untergebracht, der 337 x 178 mm messenden Grundplatine und der 337 x 81 mm großen Frontplatine. Gemessen am Funktionsumfang des Gerätes hält

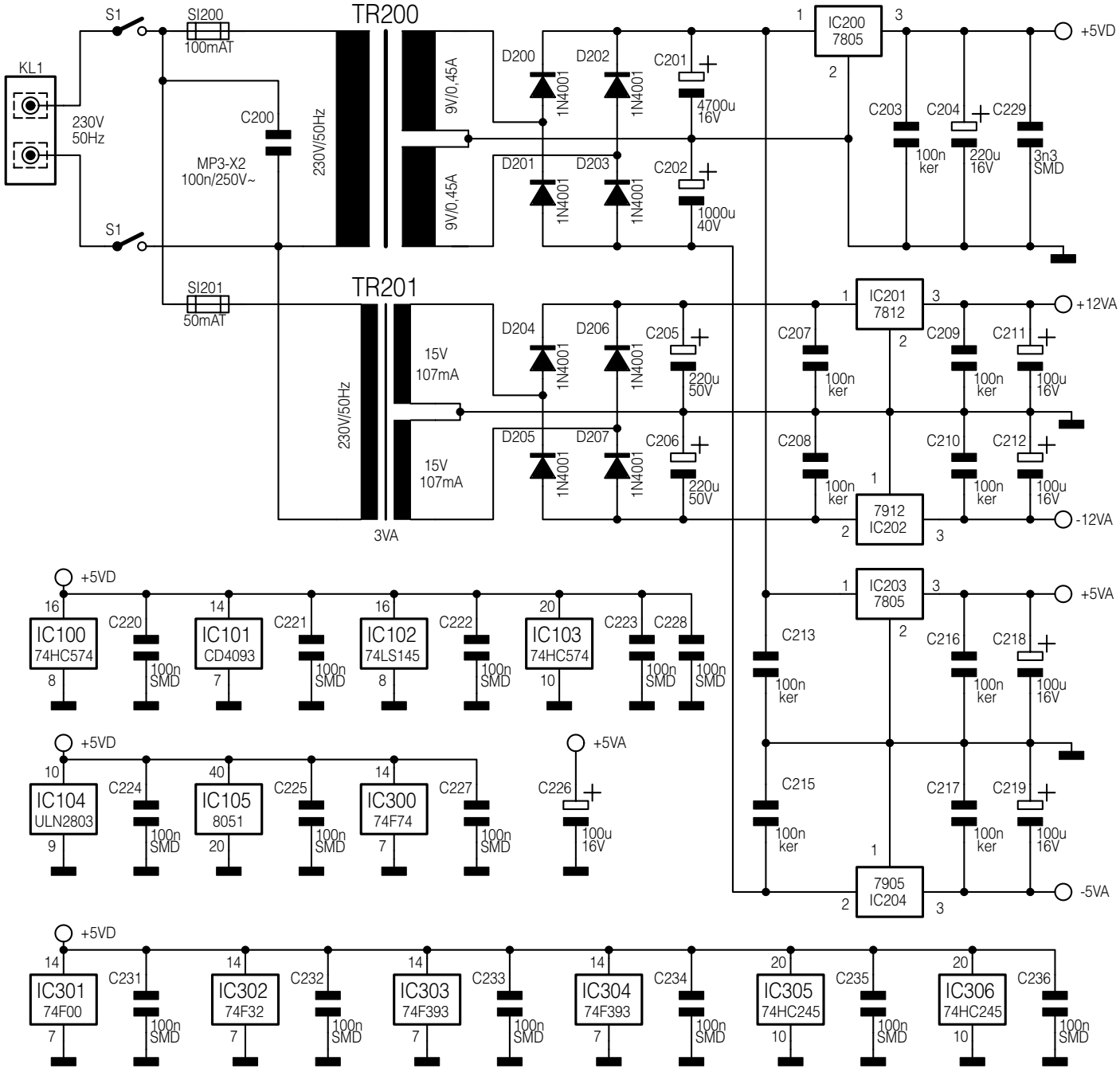


Bild 8: Netzteil des MFG 9001

sich der Bestückungsaufwand aufgrund der durch die Prozessortechnik minimierten Schaltungstechnik in Grenzen. Beide Leiterplatten sind sowohl mit SMD- als auch mit konventionellen Bauelementen zu bestücken. Die beiden Platinen werden einzeln bestückt und nach ihrer Fertigstellung zunächst mechanisch durch Verschrauben und dann elektrisch durch Verlöten von Leiterbahnpaaren miteinander verbunden. Der Aufbau geht in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes, der Platinenfotos sowie der Stückliste vor sich.

Achtung! Aufgrund der im Gerät frei geführten lebensgefährlichen Netzspannung dürfen Aufbau und Inbetriebnahme ausschließlich von Fachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind. Die einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind unbedingt zu beachten.

Es empfiehlt sich die Verwendung eines Lötkolbens mit bleistiftspitzer Spitze, auf sauberes Löten ist gerade bei den SMD-Bauteilen unbedingt zu achten.

Frontplatine

Wir beginnen mit dem Aufbau der Frontplatine, die zunächst mit den SMD-Bauteilen zu bestücken ist. Die Widerstände, der Kondensator C 222 und die Dioden werden wie folgt beschrieben montiert:

Zuerst muss das Pad leicht vorverzinnt werden. Anschließend wird das Bauteil mit einer Pinzette, bei den Dioden beachten Sie bitte die richtige Einbaulage, plaziert, festgehalten und zunächst nur auf einer Seite verlötet. Vor dem vollständigen Verlöten ist die korrekte Position zu überprüfen. In gleicher Weise wird auch IC 102 montiert, wobei die Markierungen von Pin 1 im Bestückungsdruck und am Bauteil übereinanderliegen müssen.

Nach Montage von IC 102 werden die LEDs im Abstand von 3 mm zur Platine eingebaut. Nach dem Verlöten sind die auf der Lötseite überstehenden Anschlussdrähte mit einem Seitenschneider direkt an der Lötstelle abzuschneiden, jedoch ohne diese dabei zu beschädigen. Nach Montage

der Transistoren folgen die Taster und die 7-Segment-Anzeigen, wobei darauf zu achten ist, dass diese plan auf der Platine aufliegen. Vor dem Einbau des Potis R 25 sind die Anschlussdrähte in Achsrichtung abzuwinkeln. Im Anschluss daran wird das Poti eingesetzt, wobei die Anschlussdrähte auf die zugehörigen Lötflächen auszurichten sind. Jetzt folgt das Anziehen der Mutter und das Verlöten.

Damit der Inkrementalgeber S 100 plan auf der Platine aufliegen kann, sind in der Platine entsprechende Fräsungen vorhanden. Der Inkrementalgeber ist so weit wie möglich in die Fräsungen der Platine zu drücken und unter Zugabe von ausreichend Lötzinn zu verlöten. Die beiden Montagewinkel sind an der linken und der rechten Seite der Platine nach unten weisend zu befestigen, indem je eine M3x6-mm-Schraube mit aufgesetzter Fächerscheibe von der Bestückungsseite durch die entsprechende Bohrung geschoben und im Gewinde des Winkels verschraubt wird. Nach Aufsetzen der Tastkappen auf die Taster ist die Frontplatine fertiggestellt.

Grundplatine

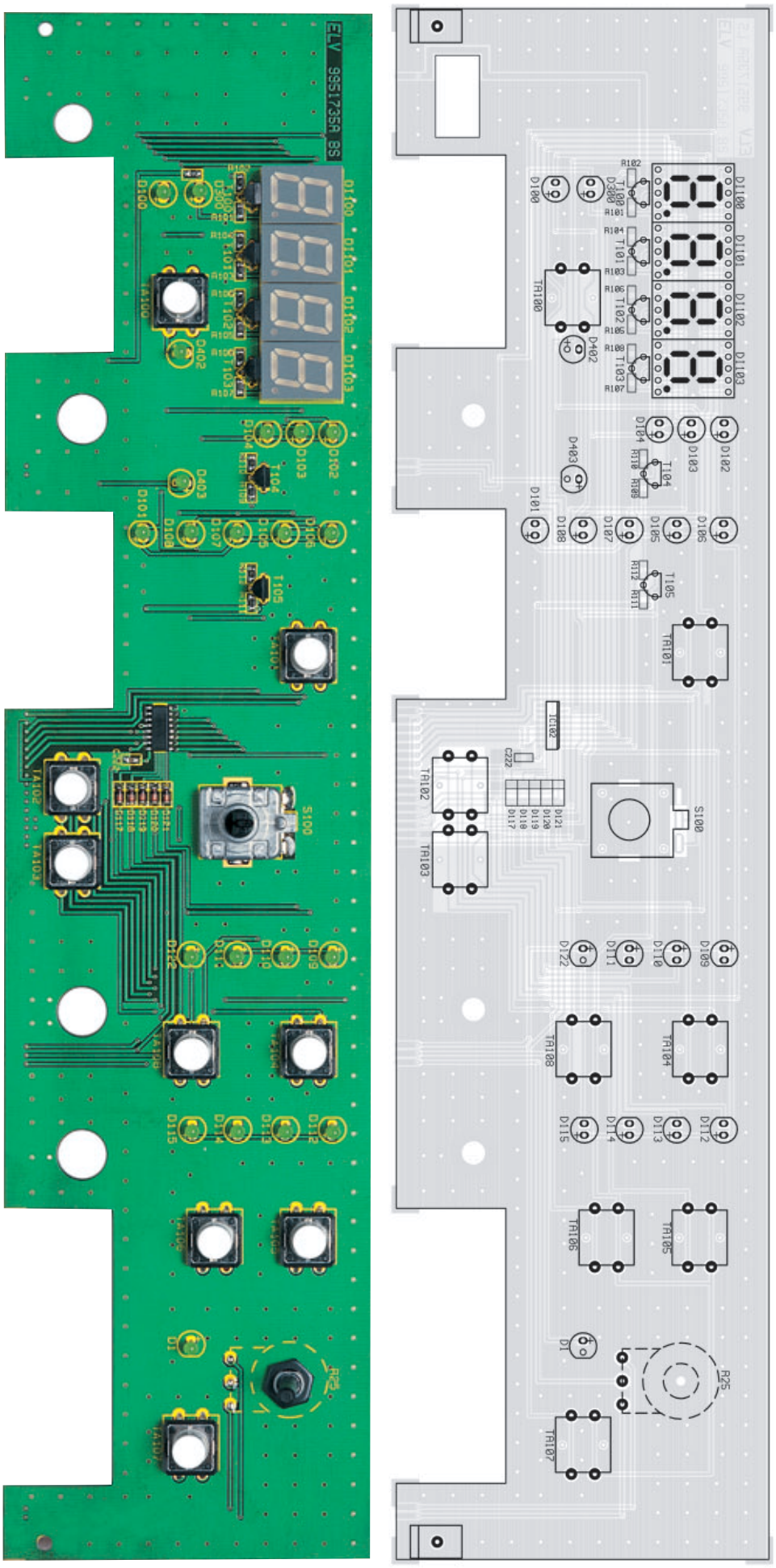
Die Grundplatine wird ebenfalls zuerst mit SMD-Bauteilen bestückt, wobei man, wie bereits zuvor erläutert, vorgeht.

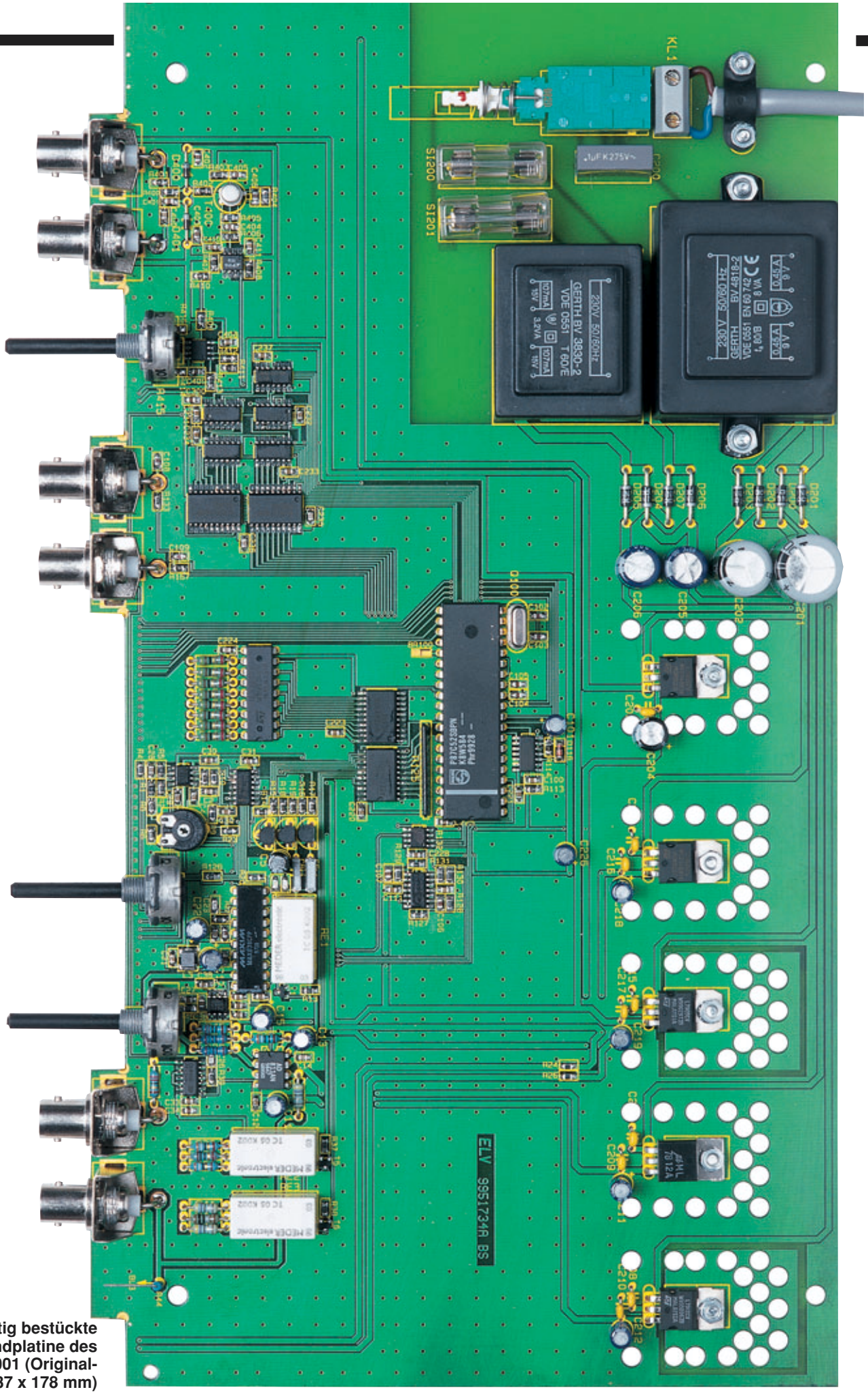
Bitte beachten Sie, dass sich die Platinen gegenüber den Fotos leicht geändert haben. Die Bestückung muss gemäß dem Bestückungsdruck erfolgen.

Nach dem Einbau der Widerstände, Kondensatoren, Transistoren, der Spule L 3 und der Diode D 116 werden die SMD-ICs eingebaut. Dabei ist besondere Vorsicht geboten, auf sauberes Löten und die richtige Einbaulage ist unbedingt zu achten.

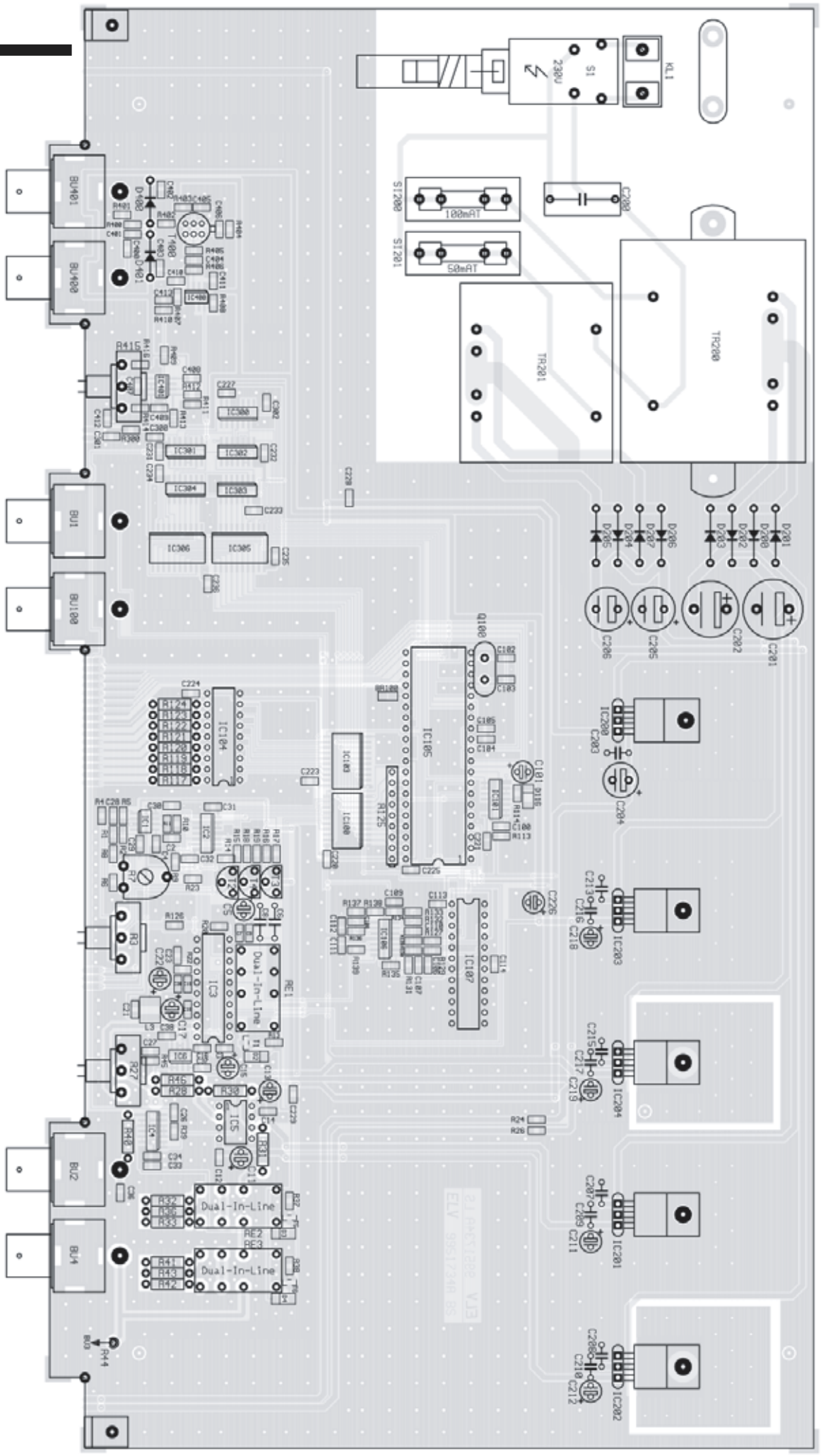
Nach Fertigstellung der SMD-Bestückung folgt die Montage der konventionellen Bauelemente. Nachdem alle Widerstände (außer R 44), Dioden, Kondensatoren, Transistoren, der Trimmer R 7, die Elkos (Polung beachten !) und der Quarz montiert sind, folgt der Einbau der bedrahteten ICs und des Widerstandarrays R 128, wobei ebenfalls die Einbaulage zu beachten ist.

Beim Einbau der 5 BNC-Buchsen ist darauf zu achten, dass diese plan auf der Platinenoberseite aufliegen und der Winkel zur Platinenvorderkante genau 90° beträgt. Nach dem Verlöten müssen die auf der Lötseite überstehenden Drahtabschnitte und Blechüberstände mit einem Seitenschneider entfernt werden. Es folgt das Einsetzen und Verlöten der Sicherungshalter, des Netzschalters, der Schraubklemmleiste, der Relais, des X-Kondensators C 200 und des Trafos TR 201. Bei der Montage der restlichen Bauteile sollte Folgendes beachtet werden:





Fertig bestückte Grundplatine des MFG 9001 (Originalgröße: 337 x 178 mm)



Bestückungsplan der Grundplatine des MFG 9001 (Originalgröße: 337 x 178 mm)

Stückliste: Multi-Funktions-Generator MFG 9001

Widerstände:

1Ω R43
10Ω R36
22Ω/SMD R403, R406
33Ω R40
39Ω R32, R33
47Ω R31, R41, R42
47Ω/SMD R402, R404, R405
75Ω R28
100Ω R117-R124
220Ω R46
220Ω/SMD R22, R39, R413
390Ω R30
560Ω R44
560Ω/SMD R23, R126, R300
1kΩ/SMD R14-R19, R102, R104, R106, R108, R110, R112, R134, R410, R411
2,2kΩ/SMD R101, R103, R105, R107, R109, R111
3,3kΩ/SMD R24, R26
3,9kΩ/SMD R409
4,7kΩ/SMD R6, R8, R414, R416
6,8kΩ/SMD R20
10kΩ/SMD R2, R4, R13, R37, R38, R136, R137
33kΩ/SMD/1% R131
39kΩ/SMD/1% R127-R130, R132, R133, R135, R138, R139
56kΩ/SMD/1% R1, R5
100kΩ/SMD R9, R10, R400
150kΩ/SMD R408
180kΩ/SMD R11
220kΩ/SMD R45, R113, R114
330kΩ/SMD R407
470kΩ/SMD R412
1MΩ/SMD R401
Array, 8 x 4,7kΩ R125
PT10, liegend, 500Ω R7
Poti, 4mm, 100Ω R27
Poti, 4mm, 10kΩ R3, R25, R415

Kondensatoren:

6,8pF/SMD C7, C9, C23, C26, C413
33pF/SMD C102, C103
100pF/SMD C112
270pF/SMD C36
1nF/SMD C300-C302, C402, C403, C406
3,3nF C8
3,3nF/SMD C19, C34, C229
4,7nF/SMD C104, C105
10nF/SMD C401, C404, C405
22nF/SMD C106-C109
100nF/SMD C2-C4, C12, C14, C16, C18, C20, C21 C27-C33, C37, C38 C100, C110, C111, C113, C114 C220-C225, C227, C228, C231-C236, C400,C407-C412
100nF/ker C203, C207-C210, C213, C215-C217
100nF/250V~MP3/X2 ..... C200
330nF C6
2,2µF/63V C101
10µF/25V C15, C17, C22
33µF/16V C5
100µF/16V C11, C13, C211, C212, C218, C219, C226
220µF/16V C204
220µF/50V C205, C206
1000µF/40V C202
4700µF/16V C201

Halbleiter:

TL072/SMD IC1
CD4066/SMD IC2
MAX038 ..... IC3
74HC132/SMD IC4
AD811 ..... IC5
74HC574/SMD IC100, IC103
CD4093/SMD IC101
74LS145/SMD IC102
ULN2803 ..... IC104
ELV99115 ..... IC105
TL074/SMD IC106
AD7840 ..... IC107
7805 ..... IC200, IC203
7812 ..... IC201
7912 ..... IC202
7905 ..... IC204
74F74/SMD IC300
74F00/SMD IC301
74F32/SMD IC302
74F393/SMD IC303, IC304
74HC245/SMD IC305, IC306
LT1016/SMD IC400
LM358/SMD IC6, IC401
BC848 ..... T1, T5, T6
BF324 ..... T2-T4
BC327 ..... T100-T105
U440 ..... T400
LL4148 ..... D2-D4, D116-D121
1N4001 ..... D200-D207
DX400/BAS33 ..... D400, D401
LED, 3 mm, grün D1, D100-D115, D122, D300, D402, D403
DJ700A, grün DI100-DI103

Sonstiges:

Quarz, 16 MHz Q100
SMD-Induktivität, 10 µH L3
BNC-Einbaubuchse, print BU1, BU2, BU4, BU100, BU400, BU401
Cinch-Einbaubuchse,Lötanschluss .. BU3
Inkrementalgeber S100
Mini-Drucktaster, B3F-4050 ..... TA100-TA108
Minatur-Relais, 5V, 2 x um RE1-RE3
Netzschraubklemme, 2-polig KL1
2 Aderendhülsen
Trafo, 2 x 9V/0,45A TR200
Trafo, 2 x 15V/107mA TR201
Sicherung, 100mA, träge SI200
Sicherung, 50mA, träge SI201
Shadow-Netzschalter S1
1 Adapterstück
1 Verlängerungsachse, 120 mm
1 Druckknopf, ø 7,2 mm
2 Platinensicherungshalter (2 Hälften)
2 Sicherungsabdeckhauben
9 Tastknöpfe, grau, 10 x ø 7,4 mm
4 Drehknöpfe mit 4 mm Innendurchmesser, 12 mm, grau
1 Drehknopf, 29 mm, grau
4 Knopfkappen, 12 mm, grau
1 Knopfkappe, 29 mm, grau
4 Pfeilscheiben, 12 mm, grau
1 Pfeilscheibe, 29 mm, grau
5 Gewindestifte mit Spitze, M3 x 4 mm
1 Zugentlastungsbügel
9 Zylinderkopfschrauben, M3 x 6 mm
2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 14 mm
2 Zylinderkopfschrauben, M4 x 8 mm
9 Muttern, M3
2 Muttern, M4
11 Fächerscheiben, M3
2 Fächerscheiben, M4
1 Netzkabel, 2-adrig, grau
1 Kabel-Durchführungstülle
2 Metallwinkel
4 Futterscheiben 1,5 mm
4 Futterscheiben 2,5 mm
4 Distanzrollen M4 x 55 mm
2 Abschirmgehäuse komplett
5 cm Schaltdraht, blank

- Der Widerstand R 44 stellt die Verbindung zur Cinch-Buchse BU 3 her und wird daher stehend in der Bohrung verlötet. Der verbleibende Anschlussdraht wird auf eine Länge von 10 mm gekürzt.
- Die Anschlüsse der Festspannungsregler IC 1 bis IC 5 sind vor dem Verlöten um 90° nach hinten abzuwinkeln. Nach dem Einsetzen in die Platine folgt das Befestigen mit je einer M3x6-mm-Schraube, Fächerscheibe und M3-Mutter. Anschließend werden die ICs verlötet.
- Der Transformator TR 200 muss vor dem Verlöten mit den beiden M4x5mm-Schrauben, M4-Fächerscheiben und den M4-Muttern befestigt werden.
- Die Sicherungen werden eingesetzt und mit den Abdeckkappen gegen Berührung gesichert.
- Bei der Montage des Netzkabels ist Folgendes zu beachten: Die Kabel-Durchführungstülle wird in die Geräterückwand eingesetzt, das Netzkabel ist durchzuführen. Die äußere Ummantelung des Netzkabels wird auf einer Länge von 20 mm entfernt, an den beiden Aderenden muss jeweils 5 mm Isolierung entfernt werden. Die beiden Adern werden mit je einer Aderendhülse versehen, in die Schraubklemmleiste gesteckt und durch Anziehen der Schrauben befestigt. Die beiden M3x14-mm-Schrauben sind von unten durch die Platine zu schieben, die Halteschelle für das Netzkabel und je eine M3-Fächerscheibe werden aufgesetzt und mit M3-Muttern gesichert.

Endmontage

Nachdem beide Platinen so weit fertiggestellt sind, erfolgt das Verbinden. Dazu werden die bereits an der Frontplatine montierten Montagewinkel von oben so auf der Grundplatine platziert, dass die

Bohrungen der Winkel und die Bohrungen der Platine übereinanderliegen. Durch die Bohrungen wird je eine M3x6-mm-Schraube gesteckt und auf der Lötseite mit einer M3-Fächerscheibe und M3-Mutter gesichert. Jetzt erfolgt die elektrische Verbindung durch Verlöten der zueinandergehörigen Leiterbahnpaare und der Masseverbindungen unter Zugabe von ausreichend Lötzinn.

Die 3 Potis R 3, R 27 und R 415 sind so zu montieren, dass sich die Achsen mittig in den Bohrungen der Frontplatine befinden. Dazu ist eine leicht erhöhte Montage erforderlich.

Jetzt werden die Seitenteile der beiden Abschirmgehäuse (identisch) zunächst entsprechend abgewinkelt. Anschließend folgt das Anheften durch Punktlötung an den von Lötstopplack befreiten Bahnen.

Nach Überprüfung auf korrekten Sitz erfolgt das vollständige Verlöten.

Als Nächstes wird die Achsverlängerung für den Netzschalter aus dem 120 mm langen 2-mm-Draht gebogen. Abbildung 9 zeigt dazu die entsprechenden Abmessungen. Anschließend werden der Druckknopf und das Adapterstück aufgesetzt, bevor die Verlängerung durch die vorgesehene Bohrung in der Frontplatine eingesetzt wird.

An dieser Stelle sollten nochmals die korrekte Bestückung kontrolliert und eventuell vorhandene Lötzinnbrücken bzw. Lötzinnreste o. ä. entfernt werden.

Bevor man das Gerät erstmalig mit der Netzspannung verbindet, muss der Einbau in die untere Gehäusehalbschale erfolgen, die wie folgt beschrieben vorbereitet werden muss: Die M4x90-mm-Schrauben sind von der Unterseite her durch die 4 Löcher zu stecken. Auf jede Schraube ist von oben eine 1,5-mm-Polyamidscheibe zu schieben. Die Halbschale muss so positioniert werden, dass die Lüftungsgitter nach vorne zeigen.

An der Masse-Lötfahne der Cinch-Buchse wird ein 15 mm langer Silberdrahtabschnitt verlötet. Anschließend ist die Buchse in der entsprechenden Bohrung der Frontplatte zu befestigen, wobei der Silberdrahtabschnitt nach unten zeigen sollte. Jetzt wird die Frontplatte aufgeschoben und das so vorbereitete Chassis in die untere Halbschale gesetzt. Auf die 4 M4-Schrauben werden je ein 55-mm-Abstandshalter, eine 2,5-mm-Polyamidscheibe und ein 20-mm-Abstandshalter gesetzt. Die Platine wird provisorisch durch Aufdrehen der M4-Muttern in der unteren Gehäusehalbschale befestigt.

Nach dem Verlöten der Anschlüsse der Cinch-Buchse an R 44 und der vom Lötstopplack befreiten Stelle auf der Grundplatine ist der MFG 9001 für einen ersten Funktionstest bereit.

Befindet sich das Chassis auf eben beschriebene Weise in der unteren Gehäusehalbschale, ist die lebensgefährliche 230-V-Netzspannung von oben her nicht berührbar, das Verbinden mit der 230-V-Netzspannung kann erfolgen. Bei korrekter Funktion führt der MFG 9001 nach dem Einschalten zunächst einen Anzeigentest durch, bevor an den Ausgängen das den Einstellungen entsprechende Signal ansteht, dessen Frequenz vom Zähler angezeigt wird.

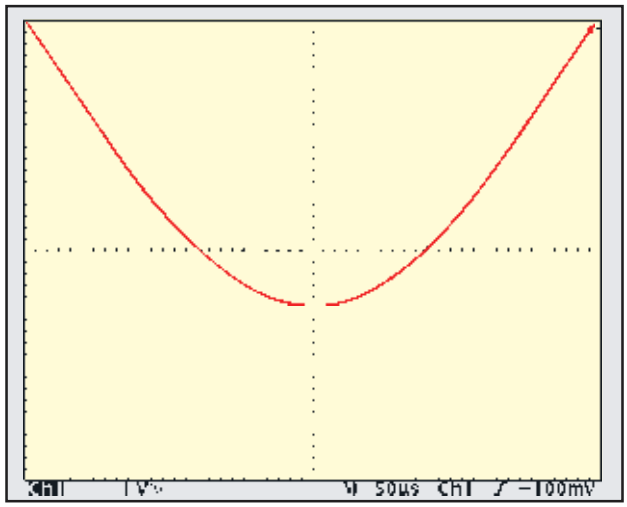


Bild 10: Abgleich des Klirrfaktors

Nach erfolgreichem Test der Grundfunktionen erfolgt die Montage der Bedienknöpfe. Alle 4 aus der Frontplatte herausragenden Potiachsen sowie die Inkrementalgeberachse sind auf eine aus der Frontplatte herausragende Länge von 8 mm zu kürzen. Nachdem die Pfeilscheiben und die Kappen aufgesetzt und die Madenschrauben eingeschraubt wurden, erfolgt die Montage der Potiknöpfe entsprechend dem Frontplattenaufdruck. Bei der Montage des Knopfes „Amplitude" ist darauf zu achten, dass sich der Pfeil im Linksanschlag exakt auf der „0" befindet. Für die Montage des 29-mm-Drehknopfes ist vorsichtig mit einem Seitenschneider der Pfeil der Pfeilscheibe zu entfernen. Die abgeflachte Seite der Inkrementalgeberachse muss sich auf der der Madenschraube gegenüberliegenden Seite befinden.

Abgleich

Der einzige Abgleichpunkt befindet sich im Analogteil des Gerätes (R 7) und dient, wie bereits ausführlich erläutert, zur Minimierung des Klirrfaktors. Das Minimum des Klirrfaktors liegt laut Angabe des MAX038-Herstellers MAXIM bei 0,75 % und wird durch eine Gleichpannung im Bereich von ± 100 mV am Eingang DADJ eingestellt. Zum Abgleich des Klirrfaktors sind folgende Einstellungen erforderlich:

Signalform: Sinus, Amplitude: 5 V, DC-Offset: Off, Frequenz: 1 kHz

An den 50-Ω-BNC-Ausgang wird ein Oszilloskop angeschlossen, an dem folgende Einstellungen gewählt werden:

- X-Ablenkung: 50 µs/DIV
- Y-Ablenkung: 1 V/DIV bei 1:1 oder 0,1 V/DIV bei 10:1
- Kopplung: AC
- Nulllinie mit Y-Position ganz nach oben schieben
- Triggerung: Normal, negative Flanke, DC-Kopplung
- Mit Triggerlevel und X-Position den linken Nulldurchgang in die linke obere Bildschirmecke schieben, siehe Abbildung 10.
- Frequenz evtl. so korrigieren, dass sich der rechte Nulldurchgang in der rechten oberen Bildschirmecke befindet, siehe Abbildung 10.
- Den Spitzenwert mit R 7 in die Bildschirmmitte bringen.

Damit ist der Klirrfaktor minimiert, und der endgültige Zusammenbau kann erfolgen. Nach Abziehen des Netzsteckers werden die Deckel der Abschirmgehäuse aufgesetzt und an der Frontplatine verlötet. Nach dem Abkühlen erfolgt das Aufsetzen der Kunststoffschienen zum weiteren Fixieren. Die provisorisch aufgesetzten M4-Muttern sind von den Gehäuseschrauben zu entfernen. Die Rückwand muss in die vorgesehenen Schlitze im Gehäuseunterteil geschoben werden. Sodann wird die obere Halbschale (Lüftungsgitter hinten) aufgesetzt, die M4-Muttern sind einzusetzen. Das Anziehen der Montageschrauben geschieht von unten, indem das Gerät an der Stelle, an der die Schraube festgezogen werden soll, über die Tischkante hervorgezogen wird. Die jeweilige Schraube darf dabei nicht herausfallen. Nach dem Festziehen der 4 Schrauben sind die Fußmodule mit zuvor eingepressten Gummifüßen sowie die Abdeckmodule einzusetzen. Damit ist der Nachbau des MFG 9001 abgeschlossen, und der Funktionsgenerator für den Einsatz im Elektronik-Labor bereit.

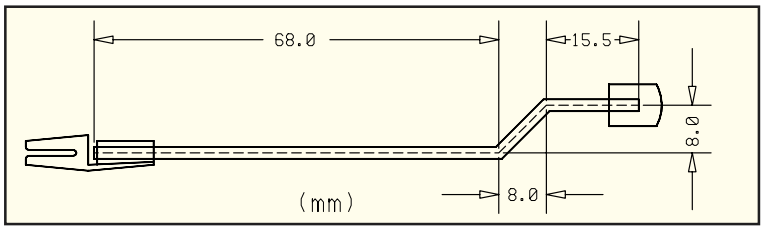


Bild 9: Achsverlängerung für den Netzschalter